

## Model Arrester SiC Menggunakan Model Arrester ZnO IEEE WG 3.4.11

Herman Halomoan Sinaga \*, T. Haryono \*\*, Tumiran\*\*

\* Jurusan Teknik Elektro, Universitas Lampung

\*\* Jurusan Teknik Elektro, Universitas Gajah Mada Yogyakarta

Email: herman\_hs @unila.ac.id

### Abstrak

Model arrester sangat dibutuhkan untuk menganalisis koordinasi isolasi dalam suatu sistem tenaga listrik. Model arrester yang dibuat harus memberikan tanggapan yang sesuai untuk semua kondisi gangguan transient. Dalam makalah ini dihasilkan simulasi dengan menggunakan model yang dimodifikasi dari model IEEE WG 3.4.11. Model ini dimodifikasi dengan menambahkan saklar yang dipengaruhi tegangan. Hasil yang didapatkan dari pemodelan kemudian akan dibandingkan dengan pengujian di laboratorium terhadap arrester SiC 12 kV. Pengujian dilakukan dengan surja tegangan dengan waktu muka 1.2 sampai 29.7  $\mu$ s dan puncak tegangan diberikan sebanyak 3 tingkatan, 51 kV, 52.5 kV dan 54 kV. Perbandingan hasil pengujian dan simulasi memberikan perbedaan sebesar 4.332 % untuk tegangan potong dan 3.259 % untuk tegangan residu arus pelepasan.

**Kata kunci:** Model Arrester, Arrester SiC, Respons Transient.

### Abstract

Arrester model is needed to analyse the insulation coordination in power system. The model should give a suitable response for varying transient fault. In this paper, we conduct simulation that modified from IEEE WG 3.4.11 model. The model is modified by insert a switch that voltages dependent. Arrester modeling response then compare to the laboratory testing result, with SiC 12 kV arrester sample. Testing conduct with time front varying from 1.2 to 29.7  $\mu$ s with magnitude 51 kV, 52.5 kV dan 54 kV. The difference between simulation and laboratory testing was 4.332 % for sparkover voltage and 3.259 % for residual voltage discharge current

**Keywords:** Arrester Model, Arrester SiC, Transient Respons.

### Pendahuluan

Gangguan surja petir merupakan salah satu gangguan alamiah yang akan dialami sistem tenaga listrik. Gangguan surja petir ini dapat diatasi dengan menggunakan peralatan proteksi arrester. Salah satu jenis arrester yang ada adalah arrester dengan bahan SiC dengan sela udara. Arrester ini walau saat ini sudah sangat jarang diproduksi, namun masih banyak dipergunakan. Sehingga untuk menganalisis unjuk kerja arrester dalam suatu jaringan listrik yang besar, diperlukan model arrester yang representatif.

Pemodelan arrester saat ini sangat berkembang dengan adanya peralatan komputasi yang cepat, yang ditunjang dengan kehadiran komputer yang semakin cepat. Saat ini telah banyak dipergunakan perangkat lunak untuk memodelkan fungsi kerja arrester. Salah satu diantaranya adalah perangkat lunak Electro-magnetic Transient Program (EMTP).

Dalam makalah ini dibahas model arrester SiC yang didasarkan pada model IEEE WG 3.11 tahun 1992, menggunakan perangkat lunak EMTP.

### Tinjauan Pustaka

Model arrester ZnO yang diajukan oleh IEEE WG.3.4.11 tahun 1992 ditunjukkan dalam gambar 1 [1]. Model arrester ZnO ini dikenal sebagai model "arrester-ganda". Konstanta-konstanta  $L_0$ ,  $R_0$ ,  $L_1$ ,  $R_1$ , dan  $C$ , dihitung dengan persamaan berikut :

$$L_0 = 0.2 \text{ d/n } \mu\text{H} \quad (1)$$

$$R_0 = 100 \text{ d/n } \Omega \quad (2)$$

$$L_1 = 15 \text{ d/n } \mu\text{H} \quad (3)$$

$$R_1 = 65 \text{ d/n } \Omega \quad (4)$$

$$C = 100 \text{ n/d } \text{pF} \quad (5)$$

dengan :

$d$  = panjang keseluruhan arrester

$n$  = jumlah kolom paralel

Komponen  $A_0$  dan  $A_1$  merupakan komponen arrester ganda, dengan karakteristik menggambarkan perbandingan arus ( $I$ ) dan tegangan ( $V$ ) untuk setiap nilai arus tertentu. Karakteristik arrester  $A_0$  dan  $A_1$  dihitung dengan menggunakan karakteristik arrester

**Catatan:** Diskusi untuk makalah ini diterima sebelum tanggal 1 Juni 2005. Diskusi yang layak muat akan diterbitkan pada Jurnal Teknik Elektro volume 5, nomor 2, September 2005.

untuk impuls  $8 \times 20 \mu s$ . Titik-titik karakteristik arrester dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 6.

$$I = p V^q \quad (6)$$

dengan :

$I$  = arus melalui  $A_0$

$p, q$  = konstanta

$V = V_1/V_{ref}$

$V_1$  = tegangan residu saat arus  $I$

$V_{ref}$  = tegangan kerja sistem (arrester)

Konstanta  $p$  dan  $q$  dihitung dengan menggunakan persamaan berikut :

$$q = \frac{\ln\left(\frac{I_1}{I_0}\right)}{\ln\left(\frac{V_1}{V_0}\right)} \quad (7)$$

dan

$$p = \frac{I_0}{\ln\left(\frac{V_0}{V_{ref}}\right)^q} \quad (8)$$

dengan:

$I_1$  = arus saat 1

$I_0$  = arus saat 0

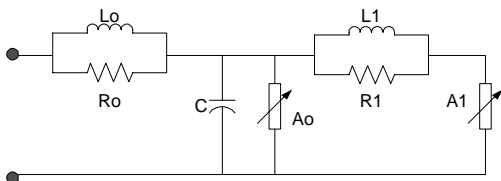
$V_1$  = tegangan residu saat 1

$V_0$  = tegangan residu saat 0

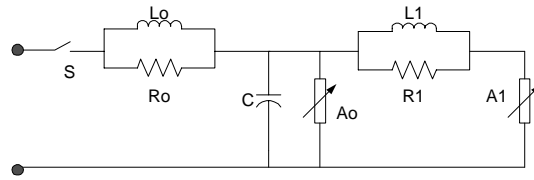
$V_{ref}$  = tegangan referensi

Arus saat 1 dan 0 didapat dari tabel karakteristik arrester tegangan residu  $8/20 \mu s$  (tabel 1). Arus saat 1 menggunakan data arus tegangan residu yang tertinggi, dan arus saat 0 menggunakan arus tegangan residu yang lebih rendah.

Model arrester dengan bahan SiC yang mempunyai sela (*gap*) dimodelkan dengan menggunakan model arrester ZnO pada IEEE WG.3.4.11 tahun 1992, dengan penambahan saklar yang dipengaruhi tegangan. Penambahan sela dimaksudkan untuk menirukan proses *flashover* pada sela arrester. Saklar ini dipasang seri dengan model arrester yang digunakan. Model yang dihasilkan dengan penambahan sela ini ditampilkan dalam gambar 2 [3]. Arrester yang diuji adalah arrester SiC dengan sela udara, 12 kV.



Gambar 1. Model Arrester ZnO, IEEE WG.3.4.11, thn 1992



Gambar 2. Model Arrester SiC yang diusulkan

## Hasil Pengujian dan Simulasi

Dalam penelitian ini dibahas dua arrester yakni arrester NHK SiC 12 kV tipe NVD. Arrester yang digunakan memiliki spesifikasi seperti dalam tabel 1.

Tabel 1. Data arrester yang digunakan, Arrester SiC 12 kV [2]

Rating Tegangan	Minimum sparkover impuls standard	Tegangan residu arus discharge Pada 8/20 $\mu s$			Panjang arrester	Jumlah Kolom
(kV)	(kV)	1.5 kA (kV)	3 kA (kV)	5 kA (kV)	(mm)	
12	43	32.2	37.2	43	325	1

Model arrester seperti gambar 2, diuji dengan menggunakan perangkat lunak EMTP [4]. Sumber impuls digunakan menirukan pembangkit surja yang digunakan menguji di laboratorium. Dari persamaan 1 s/d 6 didapatkan konstanta-konstanta model arrester sebagai berikut :

$L_0 = 0.065 \mu H$

$R_0 = 32.5 \Omega$

$C = 307.692 pF$

$L_1 = 4.875 \mu H$

$R_1 = 21.125 \Omega$

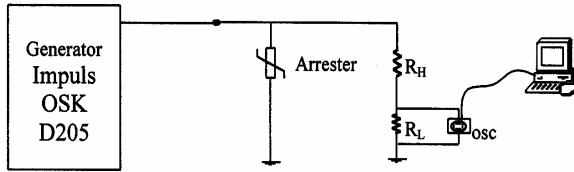
Sedangkan karakteristik  $A_0$  dan  $A_1$  ditunjukkan dalam tabel 2

Tabel 2. Karakteristik  $A_0$  dan  $A_1$

Arus (A)	$A_0(V)$	$A_1(V)$
1	7021.911	6624.444
10	11342.32	10700.3
50	15858.42	14960.78
100	18320.97	17283.93
300	23030.71	21727.08
500	25615.72	24165.77
1500	32200.71	30378.02
3000	37200.93	35095.22
5000	43000.00	40566.04

Pengujian dilakukan dengan menggunakan generator impuls Ogawa Seiki type D205 (gambar 3), dengan tegangan pengujian sebesar 51 kV, 52.5 kV dan 54 kV. Tegangan sebesar 51 s/d 54 kV diberikan sebanyak tiga untuk tiap tegangan yang sama.

Tegangan potong dan residu dihitung sebagai rata-rata dari ketiga pengujian untuk tiap besar tegangan yang sama.



Gambar 3. Pengujian Arrester

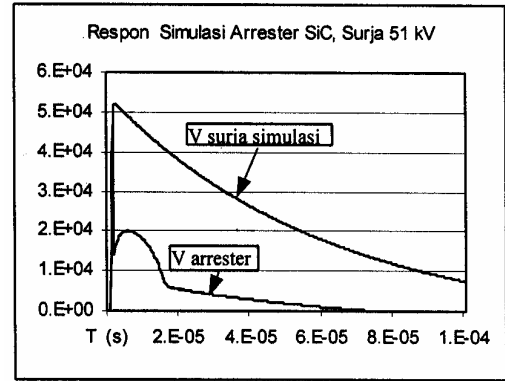
Generator impuls OSK D205 yang digunakan merupakan generator impuls dengan rangkaian marx 4 tingkat. Osiloskop Textronix TDS 310 dihubungkan dengan sebuah PC melalui hubungan serial.

Hasil simulasi respon arrester SiC ditunjukkan dalam gambar 4. Simulasi dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak EMTP dan TOP. Sebagai perbandingan terhadap simulasi, dilakukan dengan pengujian arrester yang dimodelkan terhadap surja tegangan yang sama dengan simulasi.

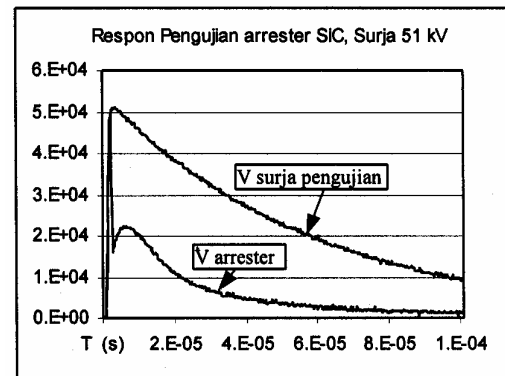
## Pembahasan

Model yang digunakan dengan mengacu model arrester ZnO pada IEEE WG 3.4.11 tahun 1992. Model SiC dibuat dengan memodifikasi model ZnO pada IEEE WG 3.4.11 tahun 1992, yakni dengan menambahkan saklar yang dipengaruhi tegangan.

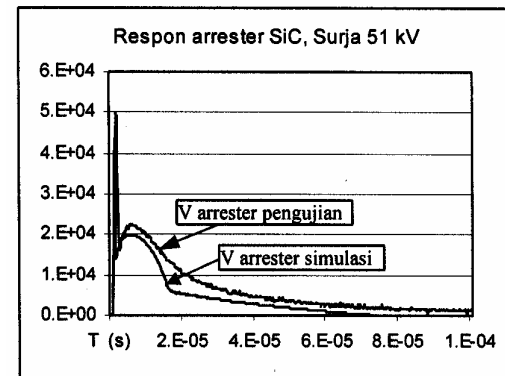
Model arrester SiC yang dihasilkan memberikan respon seperti gambar 4.b. Hasil simulasi menunjukkan tegangan akan turun dengan cepat dari nilai *sparkover*-nya mencapai tegangan *residu* arus *discharge*. Besar tegangan *sparkover* dan tegangan *residu* arus *discharge* dipengaruhi oleh karakteristik arrester, dengan kata lain, nilai-nilai ini dipengaruhi oleh jenis bahan arrester yang digunakan.



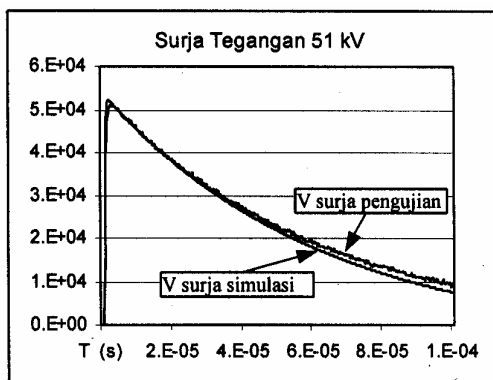
(b)



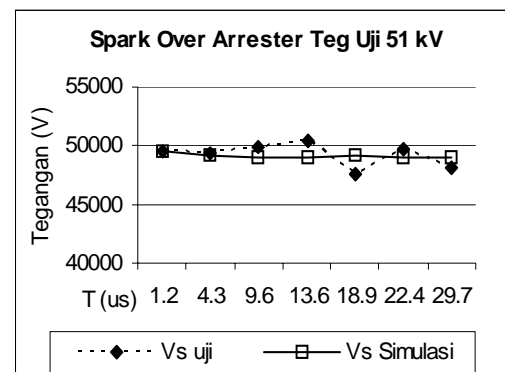
(c)



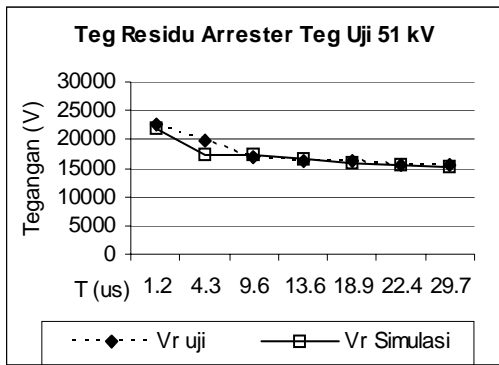
Gambar 4. Respon arrester SiC 12 kV, terhadap surja 51.5 kV, 1.2 x 50  $\mu$ s



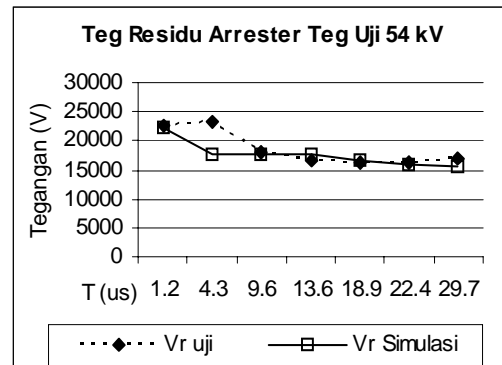
(a)



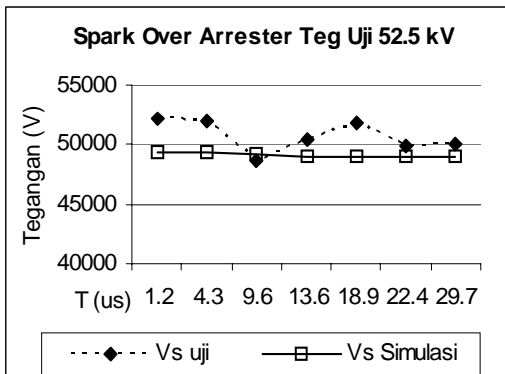
(a)



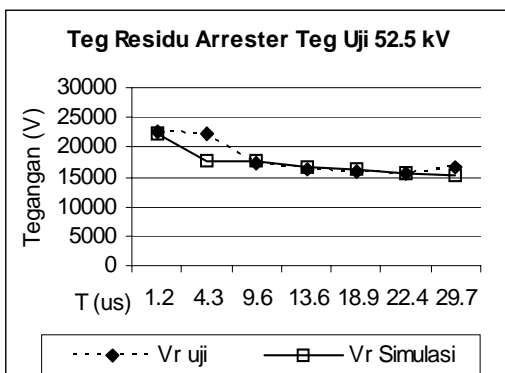
(b)



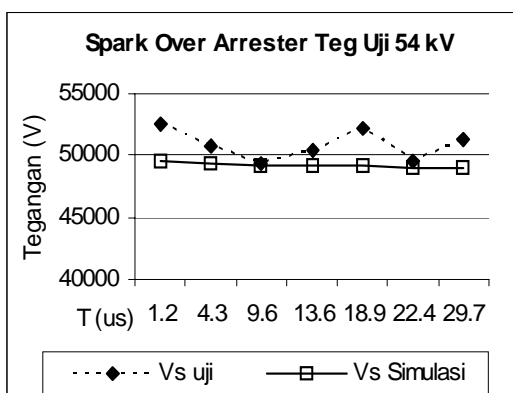
(f)



(c)



(d)



(e)

Gambar 5. Tegangan *sparkover* dan tegangan *residu* arus *discharge* pada berbagai tegangan uji dan waktu muka gelombang.

Hasil simulasi yang diperoleh dibandingkan dengan hasil pengujian untuk arrester yang sama (gbr 4.d). Dari perbandingan terlihat hasil simulasi masih mempunyai kekurangan dalam respon untuk tegangan *residu* arus *discharge*. Hal ini terlihat dari penurunan tegangan *residu* arus *discharge* yang lebih cepat pada hasil simulasi dibandingkan dengan hasil pengujian. Besar tegangan *sparkover* hasil simulasi dan pengujian akan mengalami penurunan seiring dengan semakin besarnya waktu muka gelombang surja tegangan yang diberikan. Hal yang sama juga terjadi pada tegangan *residu* arus *discharge* (gambar 5). Besar perbedaan hasil simulasi dengan pengujian adalah 4.332% untuk tegangan *sparkover* dan 3.259% untuk tegangan *residu* arus *discharge*.

Bentuk ekor gelombang sesudah terjadinya *sparkover*, terlihat masih belum sesuai dengan hasil pengujian. Terlihat bahwa ekor gelombang yang menurun lebih cepat dari hasil pengujian. Sehingga masih diperlukan beberapa perbaikan model simulasi yang dilakukan.

## Kesimpulan

1. Model arrester ZnO yang diajukan oleh IEEE WG 3.4.11 tahun 1992 dapat digunakan sebagai dasar pemodelan arrester SiC.
2. Model arrester SiC 12 kV, menghasilkan penurunan tegangan *residu* arus *discharge* yang lebih besar dari hasil pengujian.
3. Pemodelan arrester SiC 12 kV, menghasilkan perbedaan sebesar 4.332% untuk tegangan potong dan 3.259% untuk tegangan *residu* arus *discharge*.

## Daftar Pustaka

- [1] IEEE WG 3.4.11; *Modeling of Metal Oxide Surge Arresters*, IEEE Trans. on Pow. Delivery., 7(1), 1992, pp, 302-309.
- [2] Nihon Hiraiki Kogyo Co. Ltd, *Specification of New Valve Type Lightning Arrester for 12 kV*, Japan, 1994.
- [3] Sinaga, H., H., Haryono, T, Tumiran; *Karakteristik Arrestor SiC Berdasarkan Pengujian dan Simulasi EMTP* , SNWTT IV, Batam, 2001.
- [4] \_\_\_\_\_, *Electromagnetic Transient Program*; EPRI, Rule Book 1, Volume 2, 1998.